على الطالب التقيد بالملاحظات التالية:

١. لا يسمح للطالب بالدخول إلى المخبر بعد 10 دقائق من موعد الجلسة.

٢. يجب أن يحقق الطالب نسبة حضور 85 % بالمخبر وإذا غاب أكثر من جلستين يُحرم الطالب.

٣. يرفع الحضور إلى الإدارة بعد ربع ساعة من موعد الجلسة ويبرر الغياب من أجل الظروف الصعبة تقدرها الإدارة.

٤. يمنع التحدث بالصوت المرتفع والتنقل بين الطاولات.

٥. يقوم لطالب بتنظيف الطاولة وترتيبها قبل مغادرة المخبر.

واجبات الطالب قبل الدخول إلى المخبر:

١. أن يدرس التجربة التي سيقوم بإجرائها بشكل جيد.

٢. أن يكتب التجربة في المنزل على دفتر خاص بالعملي.

٣. أن يصطحب الطالب معه دفتر الفيزياء العملي ودفتر مسودة وآلة حاسبة وقلم رصاص ومسطرة والمريول الأبيض.

المقدار الفيزيائي

تعريفه:

عبارة عن كمية تعين خاصة واحدة من خواص المادة، وهذه الكمية قابلة للقياس بمقارنتها مع أية قيمة اتخذت كواحدة للقياس.

أنواعه:

١. مقادير فيزيائية مجردة: وتتمثل بعدد فقط. مثال: قرينة انكسار الموشور.

٢. مقادير فيزيائية سلمية: ويعبر عنها بعدد مع واحدة قياس. مثال: الكتلة والزمن.

٣. مقادير فيزيائية متجهة: ويعبر عنها بعدد مع واحدة قياس مع اتجاه. مثال: القوة والسرعة.

طرق قياس المقدار الفيزيائي:

١. طريقة القياس المباشر:

تعتمد على استخدام أجهزة وأدوات سبق معايرتها وتدريجها بواحدات معينة.

مثال: قياس شدة التيار الكهربائي بواسطة مقياس الأمبير، وباستخدام هذه الطريقة نلجأ عادة إلى تكرار القياس عدة مرات، ويُؤخذ بعد ذلك المتوسط الحسابي لمجموعة هذه القياسات.

٢. طريقة القياس غير المباشر:

نلجأ عادة إلى هذه الطريقة عندما تكون الطريقة المباشرة معقدة أو مستحيلة، ووفق هذه الطريقة يتم قياس المقادير الفيزيائية بالطريقة المباشرة والمرتبطة فيما بينها بعلاقة رياضية مع المقدار الفيزيائي المراد قياسه بالطريقة غير المباشرة.

مثال: قياس حجم كرة، حيث يتم قياس نصف قطرها بطريقة القياس المباشر، ثم نقوم بعد ذلك بتطبيق قانون الحجم:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

حيث:

r : نصف قطر الكرة المقاس.

V : حجم الكرة المحسوب من العلاقة السابقة.

الواحدات

تربط القوانين الفيزيائية بين المقادير المختلفة القابلة للقياس، ولذلك يجب اختيار واحدة للقياس لكل مقدار فيزيائي، لذلك نميز في الفيزياء بين الواحدات الأساسية والواحدات المشتقة، فبعد تحديد الواحدات لأساسية والمتممة تعرف كل واحدة مشتقة بعلاقة تربطها بالواحدات الأساسية والمتممة.

إن أهم جملة في أيامنا وأعظمها فائدة هي الجملة الدولية للواحدات SI التي أقرت عام ١٩٦١ وصار استخدامها إلزامياً منذ ذلك التاريخ.

إن من أهم خصائص هذه الجملة أنها جملة متجانسة أي أن جداء أو نسبة أية واحدتين منها تكون واحدة أخرى من الجملة.

الواحدات الدولية SI

الواحدات الأساسية:

الرمز المختصر	واحدة القياس	المقدار
m	متر	الطول
kg	كيلو غرام	الكتلة
s	ثانية	الزمن
A	الأمبير	شدة التيار
K	كلفن	درجة الحرارة
cd	شمعة	شدة الضوء
mol	مول	كمية المادة

أهم الواحدات المتممة:

الرمز المختصر	واحدة القياس	المقدار
rad	الراديان	الزاوية المسطحة
st	الستراديان	الزاوية المجسمة

أهم الواحدات المشتقة:

الرمز المختصر	واحدة القياس	المقدار
m^2	متر مربع	المساحة
m^3	متر مكعب	الحجم
Hz	هرتز	التواتر
kg/m^3	كيلو غرام/متر مكعب	الكتلة النوعية
N	نيوتن	القوة
$N.s/m^2 = pa.s$	نيوتن.ثانية/متر مربع	اللزوجة
C	كولون	كمية الكهرباء

فرق الكمون	فولط	V
المقاومة الكهربائية	أوم	Ω
السعة الكهربائية	فاراد	f

الواحدات السغثية CG وارتباطها بالجملة الدولية:

المقدار	واحدة القياس	الرمز المختصر	التعادل بين الواحدات الدولية والسغثية
الطول	سنتيمتر	cm	$1\ \mathrm{m} = 100\ \mathrm{cm}$
الكتلة	غرام	g	$1\ \mathrm{kg} = 1000\ \mathrm{g}$
الزمن	ثانية	s	نفسها
القوة	دينة	dyne	$1\mathrm{N} = 10^5\ \mathrm{dyne}$
اللزوجة	باري في الثانية	$\mathrm{bare.s}$	$1\ \mathrm{pa.s} = 10\ \mathrm{bare.s}$
كمية الكهرباء	وحدة كهرباء ساكنة	Ues	لا يوجد

أضعاف الواحدات الأصلية وأجزاؤها:

إن رموز واحدات القياس التي أوردناها هي رموز الواحدات المختصرة الوحيدة المسموح استخدامها. فإذا أريد استخدام الرمز المختصر بدلاً من كتابة اسم الواحدة بالكامل لا بد من استخدام هذا الرمز دون سواه وذلك منعاً للالتباس. وإذا لزم التعبير عن أضعاف الواحدة الأصلية أو عن أجزائها فيسبق اسم الواحدة بسابقة تفيد إحدى قوى العشرة الموجبة أو السالبة وذلك حسب الحاجة.

فيما يلي نورد جدولين لأهم مضاعفات وأجزاء الواحدات الأصلية المستخدمة في الفيزياء.

جدول مضاعفات الواحدات الأصلية المستخدمة:

القيمة	الرمز	الاسم
10^{18}	E	Exa اكزا
10^{15}	Pe	Peta بيتا
10^{12}	T	Tera تيرا
10^{9}	G	Gega غيغا
10^{6}	M	Mega ميغا
10^{3}	k	kilo كيلو
10^{2}	h	hector هكتو
10	da	deca ديكا

جدول أجزاء الواحدات الأصلية المستخدمة:

القيمة	الرمز	الاسم
10^{-1}	d	deci ديسي
10^{-2}	c	centi سنتي
10^{-3}	m	mili ميلي
10^{-6}	µ	micro ميكرو
10^{-9}	n	nano نانو
10^{-12}	p	pico بيكو
10^{-15}	f	femto فيمتو
10^{-18}	a	ato أتو

بعد إجراء التجربة

ننظم النتائج في جدول مرتب، مثلاً: ليكن لدينا الجدول التالي:

$\boldsymbol{V}\ (\mathbf{V})$	$\boldsymbol{I}\ (\boldsymbol{A})$	$\boldsymbol{R} = \dfrac{\boldsymbol{V}}{\boldsymbol{I}}\ (\Omega)$	$\Delta\boldsymbol{R} = \lvert\bar{\boldsymbol{R}} - \boldsymbol{R_i}\rvert\ (\Omega)$
2	1	2	0.016
4	2.1	1.9	0.116
6.3	3	2.1	0.084
8	4	2	0.016
10.4	5	2.08	0.064

$\bar{R} = 2.018\ (\Omega)$

التمثيل البياني

بعد إجراء التجربة وترتيب النتائج في جدول يمكن تمثيل هذه النتائج بخط بياني، ويفيد التمثيل البياني في مراقبة نتائج القياس وكشف حالات الشذوذ فيها، كما يفيد في إعطاء صورة جيدة عن كيفية تغير المقادير الفيزيائية بالنسبة لبعضها البعض. ويفيد أيضاً في الحصول على قيم لأحد المتغيرات غير الموجودة في نتائج القياس بدلالة المتغير الآخر، تعرف هذه العملية بعملية الاستقراء.

وهنا يجب أن نميز بين نوعين من الاستقراء، إذا كانت القيمة المراد معرفتها تقع ضمن سجل القيم الحاصلة بالقياس يكون هذا الاستقراء داخلياً، وبالعكس إذا كانت هذه القيمة تقع خارج المجال فإنه يلزم تمديد الخط البياني وبالتالي يكون هذا الاستقراء خارجياً.

إضافة لذلك يفيد التمثيل البياني في إيجاد الصيغة الرياضية للظاهرة (القانون الفيزيائي)، أو في التحقق من صحة القانون الفيزيائي إن وجد.

رسم الخطوط البيانية:

يتم رسم الخطوط البيانية باختيار محورين إحداثيين متعامدين على الورقة الميليمترية بحيث يخصص المحور الأفقي للمتحول الأساسي x (يدعى أيضاً محور الفواصل)، والمحور الآخر العمودي عليه للتابع y (يدعى أيضاً محور التراتيب). ويجب أن يذكر المقدار الفيزيائي أو رمزه على المحورين، ويقسم كل محور إلى تدريجات رئيسية وتدريجات جزئية مناسبة بحيث تكون أصغر تدريجة على المحور ممثلة لأصغر رقم موثوق في القيمة العددية المقيسة. وليس من الضروري أن تتساوى التدريجات على المحورين، كما يجب استخدام كامل سطح الورقة الميليمترية في الرسم وتستخدم عدة تدريجات على المحورين الإحداثيين بحيث تسهل قراءتها. يسمى هذا المنحني بالمنحني التجريبي، وهو عبارة عن خط انسيابي يمر بأكبر عدد من النقاط التجريبية، بحيث أن النقاط التي لا يمر بها الخط البياني المرسوم والقريبة منه يجب أن تتوزع بالتناوب على جانبي الخط البياني المرسوم بحيث يكون مجموع أبعاد النقاط التي لا تقع على الخط والموجودة تحته تساوي مجموع أبعاد النقاط التي لا تقع على الخط والموجودة فوقه، أما النقاط البعيدة عن الخط فيمكن اعتبارها نقاطاً شاذة وبالتالي يمكن حذفها من الجدول.

ملاحظة:

يمكن استخدام عامل الضرب من قوى العشرة وذلك عندما تكون القيم إما صغيرة أو كبيرة. مثال: القيمة 0.001 تكتب 1×10^{-3}، والقيمة 10000 تكتب 1×10^{4}.

تسمى هذه العملية بتدوير القيم.



إيجاد الميل الفيزيائي:

يمكن إيجاد الميل الفيزيائي من المستقيم المرسوم بأخذ نقطتين على الخط المرسوم وبعيدتين عن بعضهما البعض وتكون سهلتان بالإسقاط:

$$M = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

وبالمثل يكون:

$$M = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

وتكون واحدة الميل المحسوب من واحدة المحور y على واحدة المحور x.

ثم نحسب المقدار الفيزيائي المجهول.

إيجاد القيمة الوسطية للمقدار الفيزيائي:

وهي عبارة عن حاصل قسمة مجموع القياسات المتكررة على عدد مرات القياس.

إذا فرضنا بأن القياس المباشر للمقدار الفيزيائي R أعطى نتيجة تكرار القياس n مرة، فإن:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \cdots}{n}$$

وتكون $\bar{R}$ أقرب قيمة لـ R ويزداد هذا الاقتراب أكثر بزيادة عدد مرات القياس، لأن الفروق بين R و R_i بعضها سالب وبعضها موجب، فعند تكرار القياس عدد كبير من المرات يكون ارتكاب الخطأ من جهة الزيادة مساوياً لاحتمال ارتكابه من جهة النقصان بحيث يسعى مجموع هذه الفروق نحو الصفر.

إيجاد الخطأ المطلق:

وهو عبارة عن الفرق بالقيمة المطلقة بين القيمة الوسطية $\bar{R}$ وإحدى القياسات R_i، ويعطى بالعلاقة:

$$\Delta R = |\bar{R} - R_i|$$

ثم نحسب الخطأ المطلق الوسطي:

$$\overline{\Delta R} = \frac{\Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 + \cdots}{n}$$

حيث: n عدد تكرار القياس.

إيجاد الخطأ (الارتياب) النسبي:

وهو عبارة عن حاصل قسمة الارتياب المطلق الوسطي على القيمة الوسطية للمقدار الفيزيائي، ويرمز له بالرمز r، وهو مقدار لا واحدة له، ويعطى بالعلاقة:

$$r = \frac{\overline{\Delta R}}{\bar{R}}$$

إيجاد الخطأ (الارتياب) النسبي المئوي:

وهو عبارة عن حاصل ضرب الارتياب النسبي بمئة، ويرمز له بالرمز $r\%$، وهو مقدار لا واحدة له، ويعطى بالعلاقة:

$$r\% = \frac{\overline{\Delta R}}{\bar{R}} \times 100\%$$

يعتبر حساب الخطأ النسبي المئوي ضروري جداً وذلك لأن الخطأ المطلق لا يكفي لوحده من أجل تمييز نوعية القياس، ونشير إلى أنه كلما صغر الخطأ النسبي المئوي لمقدار فيزيائي كان القياس أدق وأفضل.

تقدير الخطأ لقياس واحد:

عند إجراء أي قياس فيزيائي فإنه يحدث خطأ في القياس بسبب عدة عوامل، وبالتالي فالمقدار المقاس x مثلاً له قيمة تمثل بالشكل التالي:

$$x = \bar{x} + \Delta x$$

حيث:

$\bar{x}$: القيمة المقروءة من جهاز القياس (القيمة الوسطى).

Δx: الخطأ في قراءة القيمة على الأجهزة المستخدمة في القياس وتقدر عادة بنصف أصغر تدريجة.

فمثلاً من أجل الميقاتية المدرجة بالثواني فإن $\Delta t = 0.5 \text{ sec}$، أما إذا كانت الميقاتية مدرجة بـ 0.2 sec، فإن $\Delta t = 0.1 \text{ sec}$.

إيجاد الخطأ المطلق بالطريقة الإحصائية:

تستخدم هذه الطريقة في حال وجود عدة قياسات للمقدار الفيزيائي.

١. إيجاد القيمة الوسطى للمقدار الفيزيائي المحسوب وذلك بعد جمع المقادير المحسوبة وتقسيمها على عدد التكرار، مثلاً أوجدنا R_3, R_2, R_1.. فإن:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n}$$

حيث n عدد تكرار التجربة.

٢. إيجاد الخطأ المطلق المرتكب لكل مقدار من العلاقة:

$$\Delta R_i = |\bar{R} - R_i|$$

أي الفرق بالقيمة المطلقة بين القيمة الوسطى وكل قيمة محسوبة.

مثلاً:

$$\Delta R_1 = |\bar{R} - R_1|$$

$$\Delta R_2 = |\bar{R} - R_2|$$

٣. نطبق القانون الإحصائي:

$$\Delta R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta R_i}{n-1}}$$

٤. نكتب القيمة بالصيغة النهائية:

$$R = (\bar{R} \pm \Delta R)\Omega$$

مسألة:

انطلق متحرك من السكون وبعد $100\ \text{sec}$ كان في الموضع $x = 450\ \text{cm}$، مستخدمين ميقاتية مدرجة بـ $1\ \text{sec}$ ومسطرة مدرجة بـ $1\ \text{cm}$، والمطلوب احسب قيمة السرعة الحقيقية للمتحرك.

الحل:

$$\Delta t = 0.5\ \text{sec}\ , \quad \Delta x = 0.5\ \text{cm}$$

$$v = \frac{x}{t} = \frac{450}{100} = 4.5\ \text{cm/sec}$$

نطبق العلاقة:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta t}{t}$$

$$= \frac{0.5}{450} + \frac{0.5}{100} = 0.0061$$

وهو الخطأ النسبي.

الخطأ المطلق:

$$\Delta v = 0.0061 \times 4.5 = 0.0275\ \text{cm/sec}$$

القيمة الحقيقية للسرعة:

$$v = (4.5 \mp 0.0275)\ \text{cm/sec}$$

ملاحظة:

تستخدم هذه الطريقة عند إجراء القياس مرة واحدة فقط.

وظيفة (1):

يعمل صيدلاني في معمل للأدوية، ولدى وزن كبسولة الدواء على ميزان حساس وجد أنها تساوي $W = 2.157\ g$، فأراد حساب الخطأ المطلق المرتكب في الوزن ثم حساب الخطأ النسبي فيه لمعرفة حساسية الميزان المستخدم؟

وظيفة (2):

أراد طبيب أسنان معرفة دقة الميزان في عيادته لوضع حشوة سنية، ولدى وزن الحشوة على ميزان حساس وجد أنها تساوي $W = 6.2478\ g$، فما هي حساسية الميزان ؟ وما هو الخطأ المطلق المرتكب في الوزن والخطأ النسبي والخطأ النسبي المئوي؟

الحرارة النوعية لجسم صلب

١. الغاية من التجربة:

قياس الحرارة النوعية لجسم صلب مثل (الحديد، الرصاص، الألمنيوم، النحاس) باستخدام مبدأ التوازن الحراري بطريقة المزج.

٢. تمهيد نظري:

تختلف المواد عن بعضها بمقدار كمية الحرارة التي تكتسبها من الوسط الخارجي حتى لو أخضعت لنفس الشروط التجريبية تماماً، أي لطبيعة المادة علاقة بكمية الحرارة المكتسبة بذلك يكون لكل مادة حرارة نوعية خاصة تميزها عن غيرها من المواد.

تعريف الحرارة النوعية لجسم ما:

وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم كتلته 1 g درجة مئوية واحدة.

وتعطى الحرارة النوعية الوسطى لمادة ما بين درجتي حرارة θ_1 و θ_2 بالعلاقة:

$$C_m = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta \theta} \qquad (1)$$

حيث:

ΔQ : كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجسم الذي كتلته m من الدرجة θ_1 إلى الدرجة θ_2.

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

θ_1 : درجة الحرارة الابتدائية.

θ_2 : درجة الحرارة النهائية.

وعندا تتناهى $\theta_1 \rightarrow \theta_2$ فإن $C_m \rightarrow C$

حيث:

C : الحرارة النوعية للجسم الدروس في الدرجة θ

$$C = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta \theta} \qquad (2)$$

يسمى المقدار mC بالسعة الحرارية للجسم.

تعريف السعة الحرارية:

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم درجة مئوية واحدة.

تعريف المكافئ المائي للمسعر μ:

كتلة الماء التي ترتفع دجة حرارتها بالمقدار نفسه الذي ترتفع فيه درجة حرارة الجسم فيما لو أعطي كمية الحرارة نفسها.

كمية الحرارة التي يفقدها الجسم الساخن تساوي كمية الحرارة التي يكتسبها المسعر.

$$\mu = -\frac{m(\theta - \theta_2)}{(\theta_2 - \theta_0)}$$

حيث m كتلة الماء، θ_2 درجة حرارة الماء الساخن، θ_0 درجة حرارة المسعر، θ درجة حرارة التوازن.

يتم تعين الحرارة النوعية لجسم ما بطريقة المزج وهذه الطريقة تعتمد على مبدأ التوازن الحراري، فعندما يوضع جسم ساخن كمية حرارته Q_1 في مسعر يحوي ماء

بارد، فإن كمية الحرارة التي يفقدها الجسم الساخن يكتسبها الماء البارد والمسعر على شكل كمية حرارة Q_2 و Q_3 على التوالي.

ونكتب في حالة التوازن الحراري:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \qquad (3)$$

وبما أن كمية الحرارة لأي جسم بين درجتين θ_1 و θ_2 تعطى بالعلاقة التالية:

$$Q = mC(\theta_2 - \theta_1) \qquad (4)$$

نستطيع كتابة العلاقة (4) بالشكل:

$$m_1C_1(\theta - \theta_1) = m_2C_2(\theta - \theta_2) + m_3C_3(\theta - \theta_3) \qquad (5)$$

حيث:

m_1 : كتلة الجسم المدروس.

m_2 : كتلة الماء.

m_3 : كتلة الوعاء الداخلي للمسعر الفارغ.

θ_1 : درجة حرارة الجسم المدروس.

θ_2 : درجة حرارة الماء.

θ_3 : درجة حرارة الوعاء الداخلي للمسعر الفارغ.

θ : درجة حرارة التوازن.

C_1 : الحرارة النوعية للجسم المدروس.

C_2 : الحرارة النوعية للماء، وتساوي في الجملة السغثية $1\ \frac{\text{cal}}{\text{g.°C}}$.

C_3 : الحرارة النوعية للوعاء الداخلي للمسعر، وتساوي في الجملة السغثية $0.15\ \frac{cal}{g.°C}$.

وبالتالي تكون:

$$C_1 = \frac{m_2C_2(\theta - \theta_2) + m_3C_3(\theta - \theta_3)}{m_1(\theta - \theta_1)} \qquad (6)$$

وهي العلاقة المستخدمة لحساب الحراة النوعية للجسم المدروس،

٣. الأجهزة والأداوات المستخدمة:

- ميزان حرارة عدد 2.
- مسعر حراري.
- كرات من الألمنيوم أو النحاس.
- وعاء للتسخين.
- موقد.
- ميزان حساس للوزن.

٤. طريقة العمل

١. نزن حبات الجسم الصلب ولتكن كتلتها m_1.

٢. نزن الوعاء الداخلي للمسعر ولتكن كتلته m_3، وتكون درجة حرارته θ_3.

٣. نملأ الوعاء الداخلي إلى ثلثيه ماء فتكون كتلة الماء m_2، وتكون درجة حرارته θ_2.

٤. نسخن الوعاء الذي بداخله ماء إلى درجة الغليان ثم ننزل حبات الجسم الصلب ونقيس حرارتها θ_1.

٥. نخرج الجسم الصلب ونضعه في الوعاء الداخلي المملوء بالماء ونغطيه بسرعة ونحرك وننتظر فترة من الزمن ثم نقيس درجة حرارة الماء فتكون θ (درجة حرارة التوازن).

٦. نطبق العلاقة (6) لحساب الحرارة النوعية للجسم الصلب بالجملة السغثية.

٧. نحسب السعة الحرارية للجسم المدروس.

٨. نحسب كمية الحرارة Q_1 التي خسرها الجسم الساخن.

اختر الإجابة الصحيحة:

يسخن 1 kg من الماء، من الدرجة 20 °C إلى الدرجة 40 °C، حيث $C_{\mathrm{H_2O}} = 4200\ \mathrm{J.kg^{-1}.°C^{-1}}$، فإن كمية الحرارة التي يكتسبها الماء هي:

a) 0.2 kJ

b) 1584 J

c) 84 kJ

d) 84000 kJ

التوضيح:

$$\Delta\theta = 40 - 20 = 20\ °\mathrm{C}$$

$$Q = mC_{\mathrm{H_2O}}\Delta\theta$$

$$= 1 \times 4200 \times 20 = 84000\ \mathrm{J} = 84\ \mathrm{kJ}$$

مسألة محلولة:

طفل كتلته $31\ \mathrm{kg}$، ودرجة حرارته $40\ ℃$، والمطلوب احسب كمية الحرارة اللازم إزالتها من جسم الطفل لتصبح درجة حرارته $37\ ℃$، علماً بأن الحرارة النوعية لجسم الإنسان $3470\ \mathrm{J.k}g^{-1}.℃^{-1}$.

الحل:

$$\Delta Q = mC(\theta_2 - \theta_1)$$
$$= 31 \times 3470 \times (37 - 40)$$
$$= 322710\ \ \mathrm{J}$$

مسألة محلولة:

كمية من الماء كتلتها $200\ \mathrm{gr}$، بدرجة حرارة $90\ ℃$، رمينا فيها قطعة من النحاس كتلتها $40\ \mathrm{gr}$، ودرجة حرارتها $20\ ℃$، ننتظر حتى تتوازن كل من درجة حرارة الماء وقطعة النحاس، والمطلوب احسب درجة حرارة التوازن، علماً بأن الحرارة النوعية للنحاس $383\ \mathrm{J.k}g^{-1}.℃^{-1}$.

الحل:

كمية الحرارة التي يخسرها الماء تساوي كمية الحرارة التي تكتسبها قطعة النحاس.

$$m_{\mathrm{Cu}}C_{\mathrm{Cu}}(\theta - 20) = m_{\mathrm{H_2O}}C_{\mathrm{H_2O}}(90 - \theta)$$
$$0.04 \times 383 \times (\theta - 20) = 0.2 \times 4200 \times (90 - \theta)$$
$$\theta = 88.74\ ℃$$

وظيفة 1:

إذا كانت $C_1 = 1\ \frac{\text{cal}}{\text{g.°C}}$، احسب الخطأ المطلق المرتكب والخطأ النسبي، والنسبي المئوي، وتأكد من أن التجربة ناجحة من قيمة الجواب.

وظيفة 2:

إن الحرارة النوعية للماء في الجملة الدولية تساوي $4186\ \frac{\text{J}}{\text{kg.°C}}$، فكم تساوي في الجملة السغثية ؟

تجربة التوتر السطحي

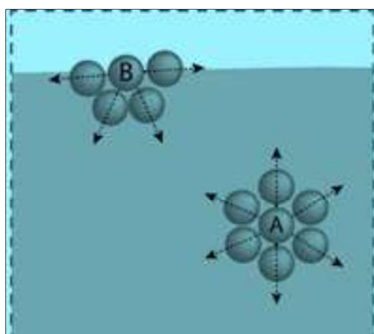
١. الغاية من التجربة:

قياس معامل التوتر السطحي لسائل ما (الماء مثلاً) بطريقة وزن القطرة.

٢. التمهيد النظري:

إن المول الواحد من جسم نقي يتألف من N جزيئاً، وهو عدد افوغادرو وتساوي قيمته $N = 6.02 \times 10^{23}\ \frac{\text{جزيء}}{m^3}$، فالمول الواحد من الماء الذي كتلته 18 غراماً تحوي هذا العدد من الجزيئات، وإن ضخامة هذا العدد هي التي تجعلنا نظن بأن الماء مستمر، إلا أن هذه الجزيئات في الحقيقة منفصلة بعضها عن بعض، وتتبادل فيما بينها تأثيرات تسعى إلى تقريبها من بعضها، ونظراً لتقارب الجزيئات في السوائل تنشأ فيما بينها قوى تجاذب، وهي التي تسبب تماسك السائل الواحد، وتسمى هذه القوى كلها قوى فاندرفالس وهي ذات طبيعة كهربائية.

لنأخذ سائلاً ما موضوعاً في وعاء، ولندرس القوى المؤثرة في جزيئاته المختلفة في منطقة بعيدة عن جدران الوعاء، كما هو موضح بالشكل (1):



الشكل (١)

بالنسبة للجزيئات الواقعة ضمن السائل نلاحظ أن:

- كل جزيئة من جزيئاته تتجاذب مع الجزيئات المجاورة بقوى متعاكسة ومتساوية بمعنى أن محصلة القوى المؤثرة تساوي الصفر.
- وإذا أمعنا النظر في جزيئات السائل الموجودة على سطحه، فإننا نجد أن هذه الجزيئات تخضع لقوة متجهة نحو الأسفل وإلى قوى جانبية، إن القوى الجانبية منها يعدم بعضها بعضاً إذا كانت بعيدة عن جدران الوعاء الحاوي على السائل أما القوى المتجهة نحو الأسفل فلا يوجد ما يعاكسها، وتبلغ قيمتها العظمى من أجل الجزيء الواقع على سطح السائل، وهي التي تؤدي إلى إنقاص حجم السائل وإلى إنقاص سطحه الخارجي، ويبدو سطح السائل وكأنه مغشى بطبقة ذات خصائص انتقالية تغلف كتلة السائل وكأنها غشاء مرن مشدود وهذه الطبقة الرقيقة جداً ذات خصائص تختلف عن سائر كتلة السائل، فيظهر فيها اختلاف في الكتلة الحجمية وفي قرينة الانكسار وفي الناقلية الكهربائية، وإن اعتبار هذه الطبقة السطحية بمثابة غشاء مشدود يعطينا معنى فيزيائي يفسر ميل سطح السائل إلى التقلص.

تعريف معامل التوتر السطحي:

- القوة المؤثرة عمودياً على واحدة الطول من السائل.
- العمل المبذول لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار وحدة المساحات.

سنعتمد في دراستنا بالمخبر على ظاهرة تشكل القطرة في أسفل أنبوب ضيق. تدل دراسة القوى المؤثرة في القطرة على أن القطرة تبقى أثناء تشكلها مادام ثقلها أقل من القوة الناشئة عن التوتر السطحي مضافاً إليها القوة الناشئة عن الفرق بين الضغط داخل القطرة والضغط الجوي خارجها.

فإذا كانت m كتلة القطرة لحظة انفصالها، و r نصف قطر الأنبوب الخارجي، و g: تسارع الجاذبية الأرضية حيث $g = 9.8\ \mathrm{m.s^{-2}}$، فإن معامل التوتر السطحي يعطى بالعلاقة:

$$\gamma = \frac{mg}{3.8\, r} \qquad (*)$$

تتعلق دقة التجربة بإكمال تشكل القطرة وعدم انفكاكها عن الأنبوب قبل ذلك، وهذا يقتضي أن يكون تشكلها أبطأ ما يمكن، وأن نختار مدة مناسبة لتشكل القطرة الواحدة وسقوطها نحو ثلاثين ثانية.

التغير ضئيل، ولا يظهر في قانون التوتر السطحي.

تعريف التبلل:

وهو التلاصق بين سائل وسطح عند ملامسة السائل السطح.

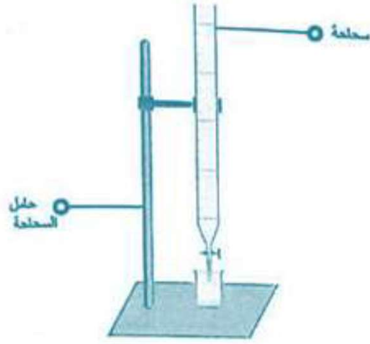
تعريف زاوية التماس:

وهي الزاوية بين السطح الصلب والمستوي المماس لسطح السائل في نقطة تلاقي السطح مع سطح السائل، وبقع السائل داخل هذه الزاوية. فإذا كانت زاوية التلامس أكبر من $90\,°$ فإن السائل لا يبلل السطح.

إذا غمس أنبوب شعري شاقولياً في سائل فإن ارتفاع السائل h في الأنبوب الشعري، يعطى وفقاً لقانون جوران:

$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho g r}$$

٣. الأجهزة والأدوات المستخدمة:



- سحاحة.
- بيشر عدد 2.
- ميزان حساس.
- قدم قنوية لقياس قطر الأنبوب.
- سائل.

٤. طريقة العمل:

١. املأ السحاحة بالماء النظيف.

٢. قم بوزن بيشر جاف وليكن M_1، وضعه تحت السحاحة.

٣. افتح الضاغطة حتى تنفصل قطرات الماء.

٤. عين الزمن الفاصل بين سقوط القطرتين بحدود 30 ثانية.

٥. اجمع عدد من القطرات n لايقل عن 20 قطرة، وانتبه إلى التساوي في الزمن الفاصل بين سقوط القطرتين.

٦. ضع البيشر المملوء على الميزان وليكن وزنه ليكن M_2، ثم احسب كتلة القطرات، ولتكن:

$$M = M_1 + M_2$$

٧. احسب كتلة القطرة الواحدة العلاقة:

$$m = \frac{M}{n}$$

حيث n: عدد القطرات.

٨. احسب معامل التوتر السطحي من العلاقة (*) مستخدماً الواحدات في الجملة الدولية.

٩. أعد التجربة من أجل عدد مختلف من القطرات وليكن 25 قطرة.

١٠. نظم النتائج في الجدول التالي:

$\Delta\gamma(N/m)$	$\gamma = \frac{mg}{3.8\,r}(N/m)$	$r\,(m)$	$m = \frac{M}{n}(kg)$	n (قطرة)	$M(kg)$	تكرار التجربة
				20		1
				25		2

$\bar{\gamma} =$ ( )

جدول معامل التوتر السطحي لبعض السوائل:

السائل	التوتر السطحي (dyn/cm)	تماس مع	درجة الحرارة (°C)
الماء	73	هواء	20
الماء	63	هواء	80
غليسيرين	63.4	هواء	20
بنزن	28.85	هواء	20
كلوروفورم	27.14	هواء	20
أستون	23.7	بخار	20
كحول ايتيلي	22.75	بخار	20
ثاني أكسيد الكربون	1.16	بخار	20
نحاس	1100	هيدروجين	1130
ألمنيوم	840	هواء	700

أسئلة:

١. هل يمكن حساب التوتر السطحي لمحلول من الصابون.

٢. هل تكون قيمة التوتر السطحي أكبر لمحلول الصابون أم للماء النقي؟

٣. علل لا تغرق البعوضة عندما تقف على سطح الماء.

أعطِ تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

١. يأخذ مصهور الزجاج شكلاً كروياً، وتختفي الأجزاء الحادة للأجزاء المكسورة.

لأن التوتر السطحي للزجاج المصهور يعمل على تقليل مساحة السطح فيتخذ الشكل الكروي.

٢. تُرش برك الماء والمستنقعات بالكيروسين.

لتقليل زاوية التماس فتغوص اليرقات في الماء وتموت لأن قوة التوتر السطحي للكيروسين أقل منه للماء فتغوص الحشرات في الكيروسين وتعلق به.

٣. ارتفاع مستوى الماء في التربة الطينية أكبر منه في التربة الرملية.

بسبب اختلاف المسافات بين جزيئات كل تربة، كما يختلف ارتفاع منسوب الماء حسب نوع التربة، وتكون الفراغات بين الجزيئات في التربة الطينية أصغر منها في التربة الرملية، هذه الفراغات تقوم بدور أنابيب شعرية، وحسب خاصة الأنابيب الشعرية يرتفع الماء في الفراغات الضيقة أكثر منها في الفراغات الواسعة.

مسدلة إذا علمت أن التوتر السطحي لمادة دوائية $\gamma = 0.045\ (\mathrm{N/m})$، وأريد الحصول على قطرات كتلة القطرة الواحدة فيها 50 ميليغرام، أوجد نصف قطر القطارة المناسب.

ملاحظة:

يمكن المقارنة بين قيمتي التوتر السطحي لسائلين دون الحاجة إلى قياس نصف قطر الأنبوب إذا جرى القياس بالأنبوب ذاته:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

يكفي قياس كتلة القطرة الواحدة من كل سائل ومعرفة التوتر السطحي لأحدهما لكي نستنتج التوتر السطحي للآخر.

النواس البسيط

١. الغاية من التجربة:

- التحقق من صحة قانون دور النواس البسيط في حالة السعات الصغيرة.
- حساب قيمة تسارع الجاذبية الأرضية اعتماداً على قانون دور النواس البسيط.
- دراسة الحركة الاهتزازية (الحركة التوافقية البسيطة).

٢. تمهيد نظري:

النواس البسيط: عبارة عن كتلة مادية الأبعاد يمكن اعتبارها نقطة مادية معلق بخيط مهمل الكتلة وغير قابل للفتل والامتطاط طوله l.

طول النواس البسيط l: وهو عبارة عن طول الخيط الفاصل بين نقطة التعليق ومركز كرة النواس..

سعة الاهتزاز θ: وهي الزاوية التي يزاح بها النواس عن وضع التوازن.

دور النواس T: وهو عبارة عن الزمن اللازم ليتم النواس نوسة كاملة ويقدر بالثانية (s).

تواتر الاهتزاز f: وهو عدد النوسات في الثانية الواحدة ويقدر بال (Hz).

ويرتبط التواتر بالدور بالعلاقة التالية:

$$f = \frac{1}{T}$$

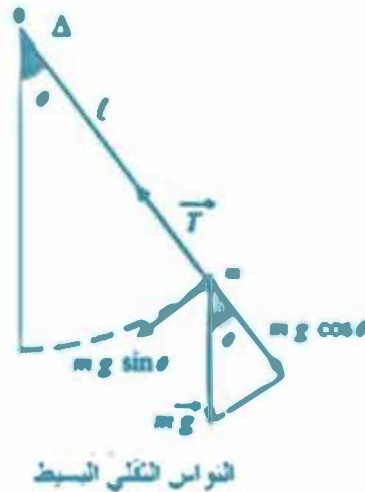
بفرض أن كتلة النواس m، وطوله l، فإذا أزحناه عن وضع توازنه بسعة صغيرة θ أصغر من عشر درجات نلاحظ وجود قوتين:

١. قوة الثقل وتتحلل لقوتين:

أ. قوة طرد مركزية: $mg\cos\theta$ وهي القوة التي تحاول إبعاد النواس عن وضع التوازن.

ب. قوة جذب مركزية: $mg\sin\theta$ وهي القوة التي تحاول إرجاع النواس إلى وضع التوازن.

٢. قوة توتر الخيط T.



النواس الثقلي البسيط

يعطى دور النواس البسيط من أجل السعات الصغيرة بالعلاقة التالية:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

نستنتج من العلاقة السابقة:

- لا يرتبط دور النواس البسيط من أجل السعات الصغيرة بنوع كرة النواس ولا بكتلتها ولا بسعة الاهتزاز الصغيرة.
- يرتبط دور النواس البسيط من أجل السعات الصغيرة بطول النواس وتسارع الجاذبية الأرضية حيث يتناقص بإنقاص طوله، ويتناقص بازدياد الجاذبية الأرضية.

- يتناسب دور البسيط طرداً مع الجذر التربيعي لطول النواس، وعكساً مع الجذر التربيعي لتسارع الجاذبية الأرضية في مكان تواجد النواس.

٣. الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- حامل معدني للنواس مع قاعدة تثبيت.
- خيط مهمل الكتلة وعديم الفتل والامتطاط.
- ميقاتية.
- كرة معدنية.
- مسطرة مدرجة.

٤. طريقة العمل:

١. قِس طول النواس وذلك من نقطة التعليق حتى مركز الكرة، وليكن 50 cm.
٢. أزح النواس عن وضع توازنه إزاحة صغيرة واتركه يهتز تحت تأثير ثقله فقط.
٣. حدد بواسطة الميقاتية الزمن t اللازم لإتمام 10 هزات.
٤. كرر الخطوات السابقة عدد المرات وذلك مع فارق في طول النواس مقداره 10 cm في كل مرة.
٥. احسب الدور.
٦. رتب النتائج في الجدول التالي:

l (cm)	t (s)	$T = t/n$ (s)	T^2 (s^2)	g (m/s^2)	Δg (m/s^2)
50					
60					
70					
80					

$\bar{g} =$ ( )

٧. ارسم على ورقة ميليمترية تحولات T^2 بدلالة l، وحدد نوع الخط.
٨. احسب الميل الفيزيائي لهذا الخط:

$$m = \frac{{T_2}^2 - {T_1}^2}{l_2 - l_1}$$

٩. احسب قيمة تسارع الجاذبية الأرضية بتطبيق العلاقة:

$$g = \frac{4\pi^2}{m}$$

١٠. احسب الخط المطلق Δg، والخطأ النسبي والنسبي المئوي المرتكب في حساب بالطريقة المباشرة.

١١. اكتب القيمة الحقيقية لتسارع الجاذبية الأرضية بالشكل:

$$g = \bar{g} \mp \Delta g \ (\mathrm{m.s^{-2}})$$

٥. تطبيقات النواس:

يطبق في النواحي الطبية بأشكال مختلفة، كتعويذة قديمة في أيام الفراعنة، بإعطاء طاقة إيجابية تستخدم لعلاج بعض الأمراض والإجابة عن الأسئلة، كما استخدموه في الكشف عن الكذب والكشف عن القدرات الكامنة والكشف عن المعادن.

مسألة: نواس بسيط طول خيطه l، وكتلته $100\ \mathrm{gr}$، أُزيح عن وضع توازنه $2\ \mathrm{cm}$، وترك يتحرك بحركة توافقية، فإذا كان تردده يساوي $0.25\ \mathrm{Hz}$، احسب دور النواس، ثم احسب طوله مع العلم أن تسارع الجاذبية الأرضية $g = 9.8\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

تجربة جسر وطسطن

١. الغاية من التجربة

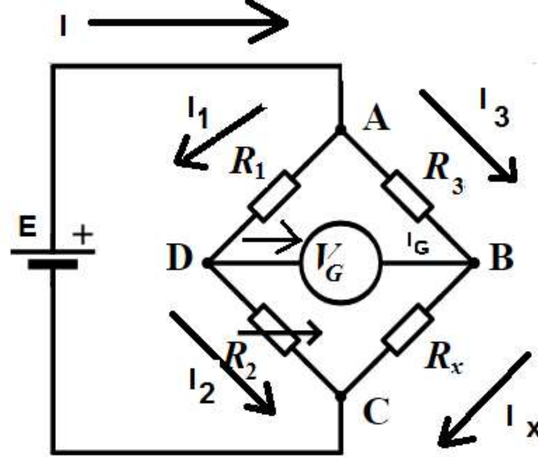
- التعرف على جسر وطسطن.
- قياس مقاومات مجهولة.
- التحقق من قانونا الوصل على التسلسل والتفرع للمقاومات.

٢. تمهيد نظري

صممت بعض الدارات الكهربائية من أجل قياس دقيق لقيمة المقاومات المجهولة، ومن أهم هذه الدارات هي دارة جسر وطسطن وقد صممها العالم الانكليزي تشارلز وطسطن (1843). والجسر يتألف من أربع مقاومات، ثلاث منها معلومة القيمة R_1 , R_2 , R_3 علماً أن إحداها متغيرة، ومقاومة رابعة R_x مجهولة القيمة، هذه المقاومات مرتبطة مع بعضها كما في الدارة الموضحة بالشكل رقم (1)، بالإضافة إلى مقياس غلفاني ومغذية.

نقول أن جسر وطسطن متوازن عندما يتحقق أحد الشرطين:

$$V_D = V_B$$
$$I_g = 0$$



شكل (1)

باستخدام قانوني كيرشوف للحلقات الكهربائية:

١. مجموع التيارات الداخلة والخارجة من العقدة معدوم:

$$\sum_i I_i = 0$$

٢. في الحلقة الحاوية على مقاومات لدينا: $\sum_i E_i = \sum_j R_j.I_j$

$$\sum_i E_i = \sum_j R_j I_j$$

من الشكل السابق نجد:

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_1} \Rightarrow R_x R_1 = R_2 R_3$$

تعطى مقاومة ناقل متجانس ذي مقطع ثابت بالعلاقة:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

حيث: l طول الناقل ، s مساحة مقطعه ، و ρ تدعى المقاومة النوعية وتقاس بالأوم في المتر.

المقاومتين R_1, R_2 عبارة عن سلكين أطولهما متغيرة مما يؤدي إلى تغير المقاومتين R_1, R_2 أما المقاومة R_3 تؤخذ كمقاومة معلومة فيكون:

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{l_2}{l_1}$$

وصل المقاومات على التسلسل

عندما توصل المقاومات بالتتابع وراء بعضها البعض نقول بأن المقاومات موصولة على التسلسل كما في الشكل:

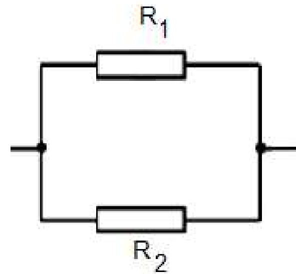


والمجموعة من المقاومات المتسلسلة تكافئ مقاومة R_{eq} قدرها:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

وصل المقومات على التفرع

عندما توصل نهاية وبداية المقاومات مع بعضها البعض نقول بأن المقاومات موصولة على التفرع كما في الشكل:



والمجموعة من المقاومات المتفرعة تكافئ مقاومة R_{eq} قدرها:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

٣. الأجهزة والأداوات المستخدمة:

- مقاومة سلكية طولها l.
- مقاومة معلومة R_3.
- مقاومة مجهولة R_x.
- مغذية.
- مسطرة.
- مقياس فولط (غلفاني).

٤. طريقة العمل:

١. رتب الأجهزة كما في الشكل (1).

٢. صل الدارة الكهربائية .

٣. استخدم مقاومة معلومة قدرها $R_3 = 10\ \Omega$.

٤. حرك الزالقة على المقاومة السلكية الموصولة بين طرفي المغذية.

٥. ثبت الزالقة عندما يشير مقياس فرق الكمون إلى الصفر وعندها نقول بأن الجسر في حالة توازن.

٦. سجل قراءة الأطول l_1, l_2 في الجدول (1)، حيث l_1 الطول المقابل للمقاومة المعلومة و l_2 طول السلك المقابل المقاومة المجهولة.

٧. استبدل المقاومة المجهولة R_{x1} بمقاومة R_{x2} وابحث عن نقطة توازن الجسر وسجل النتائج في الجدول (1).

٨. قم بوصل R_{x1} على التسلسل مع R_{x2}، وسجل نتائج توازن الجسر.

٩. قم بوصل R_{x1} على التفرع مع R_{x2}، وسجل نتائج توازن الجسر.

R_{eq} (Ω) نظرياً	$R_x = R_3 \frac{l_2}{l_1}$ (Ω)	l_2 (cm)	l_1 (cm)	المقاومة
				R_{x1} (Ω)
				R_{x2} (Ω)
				R_{x1} على التسلسل مع R_{x2} (Ω)
				R_{x1} على التفرع مع R_{x2} (Ω)

جدول (1)

١٠. احسب قيمة المقاومات المجهولة R_{x1} و R_{x2} ضمن الجدول السابق.

١١. احسب المقاومة المكافئة R_{eq} للوصل على التسلسل لكلا من R_{x1} و R_{x2}.

١٢. ما هو الفرق بين الوصل التسلسلي والتفرعي على قيمة التيار المار في R_{eq}.

وظيفة1:

احسب قيمة مقاومة مجهولة حيث $l_1 = 25(cm)$ و $l_2 = 75(cm)$ و $R = 15\ (\Omega)$، مع ذكر القانون المستخدم والواحدة والتطبيق.

وظيفة2:

حصّل 3 مقاومات قيمة كل منها $(\Omega)\ 3$، مرة على التسلسل ومرة على التفرع. قارن بين القيمتين.

العدسات

١. الغاية من التجربة:

تعيين البعد المحرقي لعدسة مقربة بطريقة ديكارت والإزاحة.

٢. تمهيد نظري:

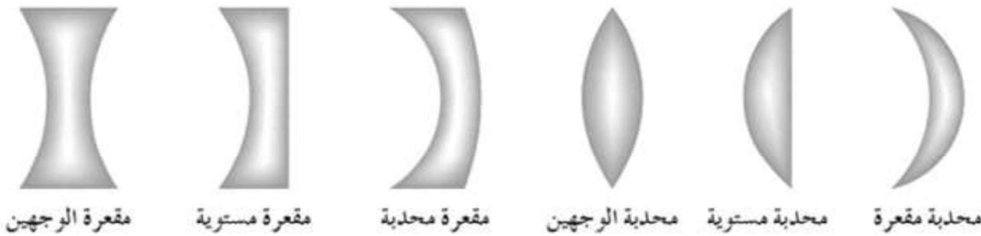
العدسة: جسم مصنوع من مادة شفافة للضوء (كالزجاج) محدد بسطحين يكون لأحدهما على الأقل نصف قطر انحناء محدد.

العدسة القربة: وهي العدسة التي إذا سقطت عليها حزمة ضوئية متوازية برزت منها وتجمعت في نقطة واحدة لذلك تسمى أحيانا العدسة المجمعة.

العدسة المبعدة: وهي العدسة التي إذا سقطت عليها حزمة ضوئية متوازية برزت منها متباعدة وكأنها صادرة عن نقطة واحدة لذلك تسمى أحياناً العدسة المفرقة.

أنواع العدسات المقربة والمبعدة:

محدبة الوجهين – محدبة مستوية – محدبة مقعرة – مقعرة الوجهين – مقعرة مستوية – مقعرة محدبة.



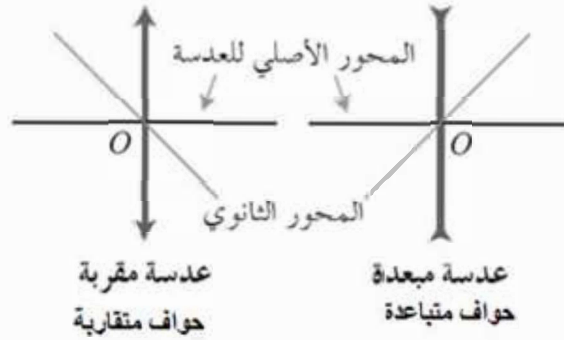
لكل عدسة:

محور أصلي: وهو محور تناظر دوراني للعدسة يقطعها في نقطة تسمى المركز البصري للعدسة.

محرق العدسة: نقطة على المحور الأصلي للعدسة وتبعد عن مركزها البصري مسافة نرمز لها (f) تسمى البعد المحرقي الجسمي للعدسة.

المحور الثانوي: لكل عدسة عدد غير محدد من المحاور الثانوية وهي المحاور التي تمر من المركز البصري للعدسة وتقع عليها المحارق الثانوية.

نرمز للعدسة المقربة والمبعدة:



يعطى قانون ديكارت لحساب البعد المحرقي بالشكل:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{s_1}+\frac{1}{s_2}$$

أو يكتب بالشكل:

$$f=\frac{s_1 . s_2}{s_1+s_2}$$

وقانون الإزاحة لحساب البعد المحرقي يكتب بالشكل:

$$f=\frac{D^2-d^2}{4D} \qquad (*)$$

٣. الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- جسر ضوئي.
- حاجز ضوئي.
- منبع ضوئي.

- عدسة مقربة.
- صورة.

٤. تعيين البعد المحرقي لعدسة مقربة بطريقة ديكارت:

طريقة العمل:

١٢. تشغيل المنبع الضوئي.
١٣. ضع الحاجز الضوئي والعدسة المقربة على الجسر الضوئي.
١٤. حرك الحاجز الضوئي حتى تحصل على أفضل خيال للجسم الضوئي (صورة) ويكون أكبر من الجسم ومقلوب.
١٥. قم بقياس المسافة بين المنبع والحاجز فيكون s_1، والمسافة بين العدسة والمنبع الضوئي فيكون s_2.
١٦. طبق قانون ديكارت لحساب البعد المحرقي.
١٧. كرر التجربة أكثر من مرة ونظم النتائج في جدول.
١٨. احسب الخطأ المطلق والنسبي والنسبي المئوي.

التجربة	$s_1\ (cm)$	$s_2\ (cm)$	f (cm)	Δf (cm)
1				
2				

$\bar{f} =\qquad (\ )$

٥. تعيين البعد المحرقي لعدسة مقربة بطريقة الإزاحة:

طريقة العمل:

١. تشغيل المنبع الضوئي.
٢. ضع الحاجز الضوئي على الجسر الضوئي واجعل المسافة بين المنبع الضوئي والحاجز الضوئي تحقق العلاقة $D \geq 4f$.
٣. غيّر من وضع العدسة للأمام حتى تحصل على أفضل خيال للصورة.

٤. سجل بعد العدسة عن المنبع وليكن s_1.

٥. حرك العدسة باتجاه الحاجز الضوئي حتى تحصل على أفضل خيال أصغر من الجسم ومقلوب ثم سجل المسافة بين المنبع والعدسة s_2.

٦. احسب $d = s_2 - s_1$.

٧. احسب البعد المحرقي من العلاقة (*).

٨. أعد التجربة بتغير المسافة بين المنبع والحاجز الضوئي.

٩. نظم النتائج في جدول.

١٠. احسب الخطأ المطلق والنسبي والنسبي المئوي.

التجربة	$D\ (cm)$	$s_1\ (cm)$	$s_2\ (cm)$	$d\ (cm)$	f (cm)	Δf (cm)
1						
2						

$\bar{f} = \quad (\ )$

٦. قارن بين قيمة البعد المحرقي بطريقة ديكارت مع قيمة البعد المحرقي بطريقة الإزاحة.

ملاحظة: تتميز العدسة باستطاعتها وليس ببعدها المحرقي عند استخدامها في طب العيون، واستطاعة العدسة هي مقلوب البعد المحرقي عندما يقدر بالمتر، أي:

$$P = \frac{1}{f}$$

وواحدتها الكسيرة ورمزها D.

مسألة محلولة:

احسب البعد المحرقي لعدسة نضارة استطاعتها $P = 0.5\ D$.

الحل:

$$P = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{0.5} = 2\ \text{m}$$

وظيفة:

لدينا عدسة بعدها المحرقي $f = 20\ cm$، احسب استطاعتها.

تجربة معامل اللزوجة

١. الغاية من التجربة:

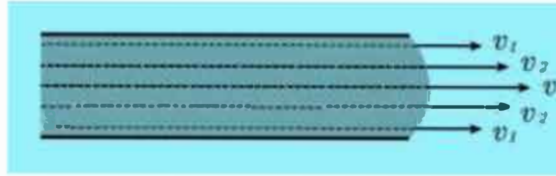
- تعيين معامل لزوجة سائل (الماء) بالاعتماد على حركة سقوط كرة داخل سائل.
- التحقق من قانون ستوكس.

٢. تمهيد نظري:

اللزوجة: مقاومة المائع لتغيير شكله الذي يعينه الوعاء الحاوي عليه، أو هو قوة الاحتكاك بين طبقات السائل مع بعضها البعض وكذلك احتكاك السائل بجدران الوعاء الذي يحوي السائل.

معامل اللزوجة: القوة المطبقة على وأحدة السطح والتدرج في الطبقات المتتالية.

حالة الجريان: في حالة وجود جسيم يتحرك في سائل، فإن هذا السائل سيعيق حركة الجسم بصورة متناسبة مع معامل اللزوجة، لذلك سنستفيد من هذه الإعاقة في التحديد الكمي للزوجة سائل.



عند سقوط كرة في سائل تخضع إلى ثلاث قوى هي:



١. **قوة الثقل:**

$$F_1 = mg$$

$$m = \rho_1 V$$

حيث: m كتلة الكرة، ρ_1 كثافة الكرة، V حجم الكرة.

$$F_1 = \rho_1 V g$$

وهي تتجه نحو الأسفل.

٢. **قوة دفع السائل للكرة (دافعة أرخميدس):**

$$F_2 = -\rho_2 V g$$

وهي تتجه نحو الأعلى.

٣. **قوة لزوجة السائل:**

$$F_r = 6\pi\eta r v_t$$

حيث: v_t السرعة الحدية لسقوط الكرة، r نصف قطر الكرة، η معامل لزوجة السائل وواحدته في الجملة السغثية البواز أو $(\mathrm{dyn.sec/cm^2})$، وفي الجملة الدولية $(\mathrm{pa.sec})$.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني نجد:

$$\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_r} = m\vec{a}$$

وبالإسقاط والتعويض وإجراء الاختصارات نجد:

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{(\rho_1 - \rho_2)gr^2}{v_t} \qquad (*)$$

إن التسارع يتناقص كلما ازدادت سرعة سقوط الكرة حتى الوصول إلى الحالة التي تتساوى فيها قوة الثقل مع محصلة قوة دافعة أرخميدس وقوة الاحتكاك وينعدم التسارع وتتابع الكرة حركتها بسرعة منتظمة وتسمى بالسرعة الحدية.

ملاحظات:

- تعريف البواز: القوة الناتجة عن احتكاك طبقتين متحركتين من السائل المسافة بينهما 1 cm، والفرق بين سرعتيهما $1\ cm/s$.
- يتناقص معامل اللزوجة η بازدياد درجة الحرارة من أجل السوائل، أما إذا كان المائع غازاً فإن معامل اللزوجة η يزداد بزيادة درجة الحرارة.

جدول يظهر معامل اللزوجة للماء بدرجات حرارة مختلفة:

معامل اللزوجة (pa.s)	درجة الحرارة (K)
1.8×10^{-3}	273
1×10^{-3}	293
0.7×10^{-3}	310

- يتعلق معامل اللزوجة بطبيعة السائل فهو صغير من أجل السوائل سهلة الجريان كالماء والكحول، وكبير من أجل السوائل صعبة الجريان كالغليسيرين مثلاً.
- تعتمد لزوجة الدم على تركيز كريات الدم الحمراء فيه، لذلك يمكننا استخدام اللزوجة للكشف عن عوز الدم للكريات الحمر.
- إن نسبة لزوجة الدم pcv الطبيعي ما بين $(54 - 42)$، وإن التبرع بالدم يعتمد على نسبة الهيموغلوبين في الدم وليس على الـ pcv.
- الدم هو سائل يتكون من البلازما وجسيمات أخرى وبالتالي لزوجة الدم تتوقف على لزوجة البلازما بالاقتران مع الهيماتوكريت.
- لزوجة الدم هي قياس لمقاومة تدفق الدم إلى التشوه الناتج عن إجهاد القص أو الإجهاد العمودي، حيث:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

حيث: F القوة، A مساحة المقطع.

معلومة:

- يختلف مقدار اللزوجة الطبيعي في الجسم حسب الجنس، فهي تصل عند الذكور إلى $4.7\ pa.sec$، وعند الإناث $4.3\ pa.sec$ في الدرجة $37\ ^{\circ}C$.
- تعتمد لزوجة الدم على نسبة البروتينات الموجودة في البلازما، إن فرط اللزوجة يؤدي إلى تجلط في الشرايين.

٣. الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- أنبوب أسطواني.
- سائل (الماء).
- ميقاتية.
- كرات.
- مسطرة مدرجة.
- قدم قنوية (بياكوليس).

٤. طريقة العمل:

١. اسكب السائل في الأنبوب الأسطواني.
٢. ضع علامتين مميزتين على الأنبوب الأسطواني عندما تصل الكرة إلى السرعة الحدية.
٣. قس المسافة بين العلامتين ولتكن x.
٤. اختر إحدى الكرات وقس قطرها r بواسطة القدم القنوية.
٥. ابدأ بإسقاط الكرات في السائل مع مراعاة أن يبدأ الإسقاط من مركز سطح السائل.
٦. عندما تصل الكرة إلى العلامة الأولى شغل الميقاتية وعندما تصل الكرة إلى العلامة الثانية أوقف الميقاتية، ثم سجل الزمن t الذي استغرقته.
٧. احسب السرعة الحدية v_t لسقوط الكرة بتقسيم المسافة على الزمن.
٨. احسب معامل لزجة السائل η من العلاقة (*).
٩. رتب النتائج في الجدول التالي:

رقم التجربة	$\rho_1 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$	$\rho_2 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$	$v_t \left(\frac{m}{s}\right)$	η (pa. s)	$\Delta\eta$ (pa. s)
1					
2					

$\bar{\eta} = \quad (\ )$

حيث:

ρ_1: كثافة الكرة وتحسب من العلاقة:

$$\rho_1 = \frac{m}{V}$$

ρ_2: كثافة السائل (الماء) وتساوي في الجملة الدولية ($1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$).

g: تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي في الجملة الدولية ($9.8 \left(\frac{m}{s^2}\right)$).

أجب عن الأسئلة التالية:

١. أيهما أسهل سكب الزيت من عبوة زجاجية في الصيف أم في الشتاء ؟ علل ذلك.

إن سكب الزيت من عبوة زجاجية في الصيف أسهل منه في الشتاء لأنه بارتفاع درجة الحرارة تقل اللزوجة.

٢. أيهما أكبر قوى التماسك في زيت المحركات أم في الماء ؟

إن قوى التماسك في زيت المحركات أكبر منه في الماء.

٣. كيف يمكنك بتجربة بسيطة مقارنة لزوجة سائلين.

نأخذ إناءين متماثلين ونملأ السائلين بهما، نسكب السائلين في الإناءين في آن واحد، فيكون السائل الذي يفرغ في الإناء بزمن أقل هو الأقل لزوجة.

أعطِ تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

١. تزداد لزوجة سائل بزيادة كثافته النسبية.

بازدياد الكثافة تزداد قوى التماسك بين جزيئاته، مما يزيد مقاومة السائل لحركة الجزيئات أو الأجسام فيه وبالتالي تزداد اللزوجة.

٢. تستهلك السيارات أثناء حركتها في الشتاء كمية من الوقود أكبر من كمية الوقود المستهلكة في الصيف.

عندما تتحرك السيارة تتلقى مقاومة بسبب لزوجة الهواء الملامس لها وتزداد هذه المقاومة بزيادة لزوجة الهواء فيزداد العمل المبذول من المحرك للتغلب على المقاومة والاحتكاك في جزيئات الهواء.

٣. يستخدم زيت عالي اللزوجة في تزييت أجزاء الآلات التي يحدث احتكاك بينها.

من أجل حماية أجزاء الآلات من التآكل، وعدم توليد حرارة كبيرة نتيجة احتكاك أجزاء الآلة فيما بينها.

٤. لا يصلح الماء في تزييت أجزاء الآلات التي يحدث احتكاك بينها.

بسبب صغر لزوجة الماء وضعف قوة التصاقه مع المعادن حيث ينساب بسرعة بين أجزاء الآلة.

مسألة: احسب معامل لزوجة السائل في الجملتين الدولية والسغثية من أجل كرة مصنوعة من الرصاص، حيث:

$\rho_1\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	$\rho_1\left(\frac{g}{cm^3}\right)$	$v_t\left(\frac{m}{s}\right)$	r (mm)
11.3×10^3	11.3	0.3	3

علماً أن:

ρ_2: كثافة السائل (الماء) وتساوي في الجملة الدولية ($1000\ \left(\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right)$)، وفي السغثية ($1\ \left(\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}\right)$).

g: تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي في الجملة الدولية ($9.8\ \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$)، وفي السغثية ($980\ \left(\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}^2}\right)$).